

Étude clinique d'un composite fluide auto-adhésif : le Vertise™ Flow

- > Alessandro VICHI
- > Cecilia GORACCI
- > Marco FERRARI
(Sienne)

Traduction de Francis Bauer

Cette étude évalue, sur une durée de 6 mois, le résultat clinique de restaurations réalisées avec un nouveau composite fluide auto-adhésif : le Vertise™ Flow (Kerr). Quarante cavités de classe I ont été obturées avec ce composite fluide autoadhésif. Les restaurations ont été pratiquées dans le respect du mode d'emploi du fabricant. La sensibilité postopératoire, les colorations marginales, l'intégrité des marges, les caries secondaires, la conservation des contacts interproximaux et les fractures ont été évaluées au départ, puis après 1 jour, 1 semaine, 1, 3 et 6 mois de présence en bouche.

Mots-clés

- > Système adhésif
- > Composite fluide
- > Restaurations de classe I

Au cours des dernières années, l'utilisation des composites a considérablement augmenté, et ce en parallèle avec l'amélioration de leurs performances [1-3]. Malgré de constants progrès, la contraction de polymérisation est toujours un obstacle. Les sensibilités postopératoires, les colorations marginales, les caries secondaires et la perte des restaurations peuvent être mises sur son compte et sur celui des contraintes qui en découlent [4]. La configuration de la cavité (facteur C), c'est-à-dire le rapport entre la surface collée et la surface non collée, ou surface libre, joue un rôle déterminant dans l'apparition des contraintes [5]. Le facteur C est particulièrement défavorable dans les cavités de classe I où le rapport est de 5 parois collées pour 1 surface libre [5-7]. Par conséquent, l'utilisation d'un agent de collage est généralement indiquée pour résister aux contraintes qui se développent lors de la polymérisation. Malheureusement, les systèmes adhésifs ne sont pas toujours totalement efficaces pour contrebalancer la contrainte de polymérisation du composite de restauration ; il en résulte, en bouche, des micro-infiltrations et l'apparition de solutions de continuité à l'interface composite/dent [8-10]. L'action négative de la contraction de polymérisation peut être réduite en utilisant une technique de stratifi-

cation appropriée [11-13] et une polymérisation par couches successives [13, 14]. Un autre facteur pouvant jouer un rôle dans l'apparition des contraintes est le comportement élastique du composite. Avec des matériaux plus rigides, les chaînes polymères en formation voient leur mobilité réduite au cours du processus de polymérisation, favorisant ainsi le développement de plus fortes contraintes. C'est pourquoi il a été proposé d'utiliser des composites moins rigides pour la restauration des cavités présentant un facteur C défavorable [7]. Des composites à charge réduite et à plus faible module d'élasticité ont été commercialisés dans cet objectif sous la dénomination « composite fluide » [15-18].

Outre le fait qu'ils génèrent des contraintes plus faibles, les composites fluides présentent l'avantage d'être aisés à manipuler. Leur viscosité facilite et améliore la mise en place et l'adaptation aux parois de la cavité.

Les composites fluides ont été conseillés soit en première couche sous les composites hybrides, où ils devaient jouer le rôle de couche d'absorption du stress [19-23], soit seuls. Ils ont aussi servi au scellement des puits et fissures [24], au collage des brackets en orthodontie [25] et à la restauration de petites cavités de classe I [26].

Comme ils n'ont pas de propriétés adhésives intrinsèques, il est nécessaire de les associer à un système adhésif. Les systèmes adhésifs tout en un sont les plus populaires du fait de leur simplicité d'emploi. Ces systèmes monocomposants sont fondés sur un mélange chimique complexe de monomères hydrophiles et hydrophobes dans un solvant aqueux et organique. Leur processus d'adhésion repose sur la conception de l'automordançage et associe mordançage, primaire et collage en une seule application [4, 27-30]. La suppression des étapes de rinçage et de séchage constitue réellement un avantage clinique séduisant : le risque de contamination est diminué et le processus de collage est moins sensible aux erreurs imputables à un séchage trop intense ou à une trop forte humidité [31, 32]. Malgré l'attrait présenté par la facilité de manipulation, les adhésifs tout en un font toujours l'objet de recherches afin d'encore mieux évaluer les aspects essentiels de leur mécanisme d'adhésion tels que le pouvoir de mordançage dans différentes situations cliniques et la pérennité de l'adhésion/collage [33, 35].

Un nouveau matériau composite associant propriétés autoadhésives et fluidité (Vertise™ Flow, Kerr) a

récemment été mis au point, ce qui a entraîné la création d'une nouvelle catégorie de matériaux de la restauration dénommés composite autoadhésifs. Ces matériaux sont supposés supprimer le besoin d'une application distincte de l'adhésif, ce qui simplifie le processus de restauration directe. Vertise™ Flow peut ainsi être considéré comme le point de départ de la huitième génération des systèmes adhésifs dentaires ou représenter un lien entre les adhésifs tout en un et les composites fluides.

Le but de cette étude clinique prospective de 6 mois a été d'évaluer, in vivo, le comportement clinique de petites restaurations de classe I réalisées avec le Vertise™ Flow.

Matériel et méthode

Cette étude clinique a tout d'abord reçu l'approbation du Comité d'éthique de l'université de Sienne. Un échantillon consécutif de 40 patients sur lesquels une cavité de classe I devait être préparée a été choisi parmi l'ensemble des patients qui fréquentent le Département de dentisterie opératoire de l'université de Sienne. Le consentement écrit des patients a été obtenu après leur avoir donné toutes les explications nécessaires sur l'objectif de l'étude.

Critères d'inclusion

L'étude a inclus des hommes et des femmes âgés de 18 à 60 ans, en bonne santé générale et parodontale.

Critères d'exclusion

Les patients présentant les facteurs suivants ont été exclus de l'étude :

- âge < 18 ans ;
- grossesse connue ;
- infirmités ;
- nécessité de restauration prothétique ;
- dent souffrant de pulpite, non vitale ou dépulpeée ;
- parodontite (profonde, chronique) ;
- caries profondes (à proximité de la pulpe, distance < 1 mm) ou coiffage pulpaire ;
- contacts occlusaux forts ou bruxisme ;
- maladie générale ou sévère, complications d'ordre médical ;
- allergie connue aux méthacrylates ;
- caries à marche rapide ;
- xérostomie ;
- manque de coopération
- barrière linguistique.

Tests par stimuli et évaluation

Une évaluation de la douleur a été faite avant de traiter la dent en utilisant une échelle simple de la douleur sur la base des réponses enregistrées. Les réponses ont été provoquées par un souffle d'air généré par la seringue à air de l'unit pendant une durée de 1 seconde entre 280 et 400 kPa à environ 20 °C et dirigé perpendiculairement à la surface radiculaire, à une distance de 2 cm, ainsi que par un *stimulus* tactile à l'aide d'une sonde n° 5 bien acérée. Il a été demandé au patient d'évaluer sa perception de la sensibilité déclenchée par cette stimulation thermique/évaporatoire en la notant sur une échelle analogique allant de 0 à 10, 0 indiquant l'absence de douleur et 10 une douleur insoutenable. Pour qu'il soit facile de comprendre ces différents niveaux de douleur, un système d'indexation a été mis au point. L'indice 0 signifiant l'absence de douleur, les indices 1 à 4 correspondant à une sensibilité faible (telle que celle provoquée par la seringue à air du praticien) et les indices 5 à 10 à une forte sensibilité (rapportée spontanément par le patient et survenant lorsqu'il buvait ou mangeait). Seuls les patients présentant des indices faibles sur cette échelle analogique ont participé à cette étude alors que ceux rapportant des indices élevés en ont été exclus, car on soupçonnait qu'une inflammation pulpaire irréversible pourrait maintenir une forte sensibilité. L'état des tissus gingivaux au voisinage des sites utilisés a été observé au départ puis à chaque visite. Les patients sont revenus à l'université pour faire les tests de départ, puis au bout de 1 semaine, 1, 3 et 6 mois.

Travail clinique

Deux opérateurs différents ont réalisé les étapes cliniques (fig. 1 à 12). Les cavités de classe I étaient de petites dimensions et ne devaient pas inclure de zones fonctionnelles. Le patient ne participait à l'étude que dans la mesure où l'analyse préliminaire de l'occlusion montrait que la cavité n'engloberait pas une zone occlusale fonctionnelle. Une fois l'anesthésie pratiquée, la digue a été posée ; tous les tissus cariés ainsi que les obturations anciennes ont été éliminés. Les préparations ont été réalisées avec des fraises diamantées classiques montées sur un contre-angle à grande vitesse, sans biseauter les marges. La forme des préparations a épousé l'extension de la carie. Une fois les tissus cariés totalement éliminés et avant de restaurer la dent, l'occlusion a été de nouveau vérifiée pour exclure de façon absolue la possibilité pour la restauration de se trouver en contact fonctionnel

occlusal. Les dents ont été restaurées dans le respect du mode d'emploi du fabricant. Une petite quantité de Vertise™ Flow a été déposée dans la cavité à l'aide de l'embout distributeur (fig. 1, 2, 6). Cette première couche, fine (pas plus de 0,5 mm d'épaisseur), a été étendue à la brosse sur les parois de la cavité pendant 15 à 20 secondes (fig. 3, 7). Une fois cette application terminée, la polymérisation a été réalisée avec une lampe à photopolymériser Demi™ LED (Kerr, Orange, États-Unis) (fig. 4). La cavité a ensuite été comblée en masse (fig. 5) sauf quand l'épaisseur de cette dernière excédait l'épaisseur acceptable pour une polymérisation efficace. Dans ce dernier cas, les deux couches de la restauration ont dû être stratifiées puis polymérisées jusqu'au comblement total de la cavité. Après 20 secondes supplémentaires de polymé-

05-THEM-Relance_C13

05-THEM-Relance_C13

05-THEM-Relance_C13

05-THEM-Relance_C13

risation, la restauration a été sculptée avec une fraise en carbure de tungstène à 12 lames et des pointes diamantées de 40 µm de grain. La surface de la restauration a ensuite été finie avec des fraises en carbure de

tungstène à 30 lames et des pointes diamantées de 20 µm de grain (fig. 9). Le polissage final (fig. 10) a été effectué avec l'Opti1Step Polisher (KerrHawe, Bioggio, Suisse). L'ensemble des restaurations a été effectué entre janvier et mars 2009 et évalué au départ (fig. 11) puis au bout de 1 jour, 1 semaine, 3 et 6 mois (fig. 12) par un opérateur différent maintenu dans l'ignorance du matériau utilisé. À chaque visite, les données concernant la sensibilité post-opératoire, la stabilité et la longévité ont été notées en fonction des critères de Ryge [36]. La sensibilité postopératoire a été déterminée par le confort ressenti par le patient lorsque sa restauration était soumise à des stimuli chaud et froid et à un léger souffle d'air. La sensibilité a été définie sur une échelle allant de 0 à 10 ainsi (voir plus haut). D'autres paramètres cliniques ont été évalués : les colorations et l'intégrité des marges, les caries secondaires, les fractures, les tests de vitalité, la rétention et les contacts interproximaux.

Résultats

Les résultats relevés à l'occasion de chaque visite se retrouvent dans les tableaux 1 à 6. Après 6 mois de présence, la totalité des 40 restaurations en Vertise™ Flow ont été notées « alpha » en ce qui concerne les caries secondaires, les tests de vitalité, l'intégrité



Restaurations de classe I en Vertise™ Flow

1. Avant.
2. Mise en place de la première couche.
3. Application à la brosse pendant 20 secondes.
4. Polymérisation de la première couche pendant 20 secondes.
5. Remplissage de la cavité.
6. Mise en place de la première couche de la seconde restauration.
7. Application à la brosse pendant 20 secondes.
8. Polymérisation finale pendant 20 secondes.
9. Pointe diamantée 20 µm.
10. Polissage à l'Opti1Step.
11. Restaurations après sculpture, finition et polissage.
12. Suivi à 6 mois

Tableau 1. Évaluation au départ des critères et nombre de restaurations*.

Évaluation au départ des critères et nombre de restaurations	Classe I obturées avec Vertise™ Flow (n = 40)			
	Alpha	Bravo	Charlie	Delta
Coloration marginale et intégrité	40	0	0	0
Caries secondaires	40	0	0	0
Test de vitalité	40	0	0	0
Contacts interproximaux	40	0	0	0
Rétention	40	0	0	0
Fracture	40	0	0	0
Groupe 1 (Kerr)	Non	Oui	Moyen	DS
Sensibilités postopératoires	40	0	0	0

* Critères de performance (Ryge). Valeur moyenne et déviation standard (DS) pour les sensibilités postopératoires (1 = seuil inférieur, 10 = seuil maximum).

Tableau 4. Évaluation à 1 mois des critères et nombre de restaurations*.

Évaluation à 1 mois des critères et nombre de restaurations	Classe I obturées avec Vertise™ Flow (n = 40)			
	Alpha	Bravo	Charlie	Delta
Coloration marginale et intégrité	38	1	1	0
Caries secondaires	40	0	0	0
Test de vitalité	40	0	0	0
Contacts interproximaux	40	0	0	0
Rétention	40	0	0	0
Fracture	40	0	0	0
Groupe 1 (Kerr)	Non	Oui	Moyen	DS
Sensibilités postopératoires	40	0	0	0

Tableau 2. Évaluation au jour 1 des critères et nombre de restaurations*.

Évaluation au jour 1 des critères et nombre de restaurations	Classe I obturées avec Vertise™ Flow (n = 40)			
	Alpha	Bravo	Charlie	Delta
Coloration marginale et intégrité	40	0	0	0
Caries secondaires	40	0	0	0
Test de vitalité	40	0	0	0
Contacts interproximaux	40	0	0	0
Rétention	40	0	0	0
Fracture	40	0	0	0
Groupe 1 (Kerr)	Non	Oui	Moyen	DS
Sensibilités postopératoires	40	0	0	0

Tableau 5. Évaluation à 3 mois des critères et nombre de restaurations*.

Évaluation à 3 mois des critères et nombre de restaurations	Classe I obturées avec Vertise™ Flow (n = 40)			
	Alpha	Bravo	Charlie	Delta
Coloration marginale et intégrité	37	2	1	0
Caries secondaires	40	0	0	0
Test de vitalité	40	0	0	0
Contacts interproximaux	40	0	0	0
Rétention	40	0	0	0
Fracture	40	0	0	0
Groupe 1 (Kerr)	Non	Oui	Moyen	DS
Sensibilités postopératoires	40	0	0	0

Tableau 3. Évaluation à J7 des critères et nombre de restaurations*.

Évaluation à J7 des critères et nombre de restaurations	Classe I obturées avec Vertise™ Flow (n = 40)			
	Alpha	Bravo	Charlie	Delta
Coloration marginale et intégrité	40	0	0	0
Caries secondaires	40	0	0	0
Test de vitalité	40	0	0	0
Contacts interproximaux	40	0	0	0
Rétention	40	0	0	0
Fracture	40	0	0	0
Groupe 1 (Kerr)	Non	Oui	Moyen	DS
Sensibilités postopératoires	40	0	0	0

Tableau 6. Évaluation à 6 mois des critères et nombre de restaurations*.

Évaluation à 6 mois des critères et nombre de restaurations	Classe I obturées avec Vertise™ Flow (n = 40)			
	Alpha	Bravo	Charlie	Delta
Coloration marginale et intégrité	37	2	1	0
Caries secondaires	40	0	0	0
Test de vitalité	40	0	0	0
Contacts interproximaux	40	0	0	0
Rétention	40	0	0	0
Fracture	40	0	0	0
Groupe 1 (Kerr)	Non	Oui	Moyen	DS
Sensibilités postopératoires	40	0	0	0

des contacts interproximaux, la rétention et les fractures. Sur les 40 restaurations, la note « alpha » a été donnée à 37 d'entre elles, la note « bravo » à 2 d'entre elles et la note « charlie » à 1 en ce qui concerne les colorations et l'intégrité des marges. Les indices « bravo » et « charlie » ont été donnés à une restauration après 1 mois d'observation et l'indice « bravo » a été assigné à une nouvelle restauration au bout de 3 mois d'observation. En fonction des critères de Ryge, la restauration classée « charlie » pour ses colorations marginales et sa perte d'intégrité marginale sera remplacée lors du contrôle à 1 an. Aucune dent n'a présenté de sensibilité postopératoire lors des différentes visites de suivi.

Discussion

Malgré la grande utilisation des composites fluides pour les restaurations postérieures, les données publiées n'apportent pas de preuves certaines. La raison de ce manque de preuves est que le résultat clinique des restaurations en composite fluide ne dépend pas uniquement des propriétés intrinsèques du matériau mais est également fonction d'autres facteurs tels que l'importance de la cavité, la technique de stratification et la dynamique de polymérisation [11, 37-39]. Les résultats contradictoires de la recherche sur les composites fluides peuvent aussi s'expliquer par la grande variété des produits existant dans cette catégorie. Tout cela peut amener à des résultats expérimentaux divers. Une charge faible abaisse le module d'élasticité, réduisant ainsi les contraintes de polymérisation. Toutefois, un composite peu chargé verra sa contraction de polymérisation augmenter [16-18]. Un taux de matrice élevé peut aussi favoriser la solubilité aqueuse, ce qui peut mettre en jeu la durée de vie à long terme de la restauration. Si l'importance de la charge est réduite, la résistance de la restauration à la déformation peut être affaiblie lors de la fonction. Les mauvaises propriétés mécaniques des composites fluides font qu'il n'est pas souvent conseillé de les utiliser seuls, notamment pour des cavités soumises à d'importantes forces occlusales [7, 16, 17]. Dans ce type de cavités, l'utilisation d'un matériau fluide est en revanche recommandée pour en garnir les parois afin de réaliser une couche qui va absorber les contraintes [38-40]. Lorsque ce matériau est utilisé en couche intermédiaire entre le système adhésif et un composite hybride, le fluide apporte l'élasticité qui absorbera les contraintes générées par la couche supérieure de composite, plus rigide [20-23, 41-43].

Inversement, l'utilisation d'un seul composite de restauration fluide a été proposée pour les petites cavités [15]. Il serait peu vraisemblable que de fortes contraintes fonctionnelles puissent s'exercer dans de petites cavités, la structure dentaire restante s'opposant à la plus grosse partie de ces forces occlusales.

Une critique émise à l'encontre de l'emploi des composites fluides utilisés seuls concerne leur difficulté à être sculptés qui rendrait la stratification difficile. Ce point n'est pas important pour les petites restaurations de classe I où la stratification n'est pas impérative. L'avantage majeur de la technique de stratification est qu'en fait, le volume de contraction de chaque couche est compensé par la couche suivante et ce n'est que la contraction de polymérisation de la dernière couche qui pourrait défavoriser le collage [7]. Loguercio *et al.* [44] ont constaté que la technique de stratification n'améliorait pas de manière significative la résistance du collage dans les petites cavités. Tjan *et al.* [45] ont également dit que, par rapport à la mise en place en masse, la technique de stratification n'améliorait pas considérablement l'adaptation aux parois des petites cavités. He *et al.* [38] ont affirmé que la technique de stratification n'était efficace que dans les grandes cavités.

Un matériau novateur récemment mis au point a été testé dans cette étude. Vertise™ Flow est un composite fluide ayant des propriétés adhésives ; il ne nécessite aucune étape adhésive. Selon le fabricant, les mécanismes d'adhésion sont essentiellement fondés sur le lien chimique existant entre le groupe fonctionnel phosphate du monomère GPDM et les ions calcium de la dent. Un lien micromécanique réalisé par une zone d'interdiffusion entre les monomères polymérisés du Vertise™ Flow et les fibres de collagène de la dentine contribue également au phénomène d'adhésion (Vertise™ Flow Product Manual, novembre 2009).

Le but spécifique de cette étude a été de vérifier cliniquement si ce nouveau composite fluide auto-adhésif pouvait réaliser un scellement efficace pour éviter les phénomènes de sensibilité postopératoire. Le fabricant conseille au praticien la plus grande attention pour certaines des étapes de son utilisation clinique (fig. 1 à 12). À la différence des systèmes fluides classiques, ce matériau ne nécessite pas l'application préalable d'un système adhésif. Ainsi, pour que le matériau soit correctement utilisé, le fabricant estime qu'il est crucial d'obtenir un contact intime entre le matériau et les parois de la dent, notamment à l'aide d'une brosse. L'application en mouvement

de brossage de 15 à 20 secondes (**fig. 3, 7**) doit être effectuée avec une brosse sur une fine couche du matériau (0,5 mm). Cette phase d'application est d'une telle importance qu'elle a amené le fabricant à concevoir des applicateurs (brosses) spécifiques pour bien appliquer le matériau. Des brosses dont les brins présentent la bonne élasticité sont également fournies par le fabricant. Après cette application à la brosse, le matériau doit être polymérisé pendant 20 secondes (**fig. 4, 8**). La raison pour laquelle Vertise™ Flow demande un temps de polymérisation plus long que celui des autres adhésifs classiques ou d'autres composites fluides du marché est que les monomères adhésifs semblent répondre plus lentement à la photopolymérisation que les monomères non adhésifs. La moins bonne efficacité du mécanisme de polymérisation pourrait être due à la monofonctionnalité des monomères adhésifs du Vertise™ Flow par rapport aux monomères bifonctionnels des composites classiques et à l'hydrophilie de certains monomères adhésifs.

Outre la sensibilité postopératoire, d'autres points cliniques relevant d'un mauvais scellement marginal ont aussi été évalués au cours de cette étude : récurrences de carie, colorations marginales et perte de rétention. Sur la foi des données recueillies, le nouveau matériau a prouvé avoir un comportement clinique satisfaisant. Lors de la dernière convocation à 6 mois, aucune sensibilité postopératoire n'a été relevée. Sur les 40 restaurations réalisées, seules 3 ont présenté des colorations marginales limitées et un léger défaut d'intégrité marginale. C'est pourquoi, à ce stade de cet essai clinique prospectif, les affirmations de Vertise™ Flow sur ses capacités d'établir un scellement efficace de l'interface dent/restauration ont été confirmées. Comme pour tout nouveau matériau, des études à plus long terme sont nécessaires pour valider ce comportement initial prometteur. Nous conseillons aussi d'élargir le champ des recherches afin de savoir si les résultats encourageants de ce nouveau matériau seront confirmés dans d'autres applications cliniques, telles que son utilisation en fond de cavité dans des cavités de classe I plus importantes, de classe II et de classe V. Dans cette optique, des études *in vivo* et *in vitro* sont actuellement en cours.

Conclusion

Des restaurations de classe I réalisées avec le Vertise™ Flow ont été suivies pendant 6 mois ; le résultat clinique a été satisfaisant. En particulier, à aucun

moment, il n'a été constaté de sensibilité postopératoire.

Les résultats de cette étude sur 6 mois montrent un excellent résultat clinique du composite fluide autoadhésif Vertise™ Flow dans la restauration de petites cavités de classe I. ■

Remerciements

Cette recherche a été subventionnée par Kerr Company, Orange, CA, États-Unis.

> Alessandro VICHI

DDS, MSc, PhD, professeur clinicien.

> Cecilia GORACCI

DDS, MSc, PhD, Research Professor.

> Marco FERRARI

MD, DDS, PhD, Professor and Chair.

Département des matériaux dentaires
et de prothèse fixée
Université de Sienne
Via Derna, 4
58100 Grosseto, Italie

Remerciements

Nous remercions la revue International Dentistry SA de nous avoir autorisé à reproduire cet article. Titre original : Clinical study of the self-adhering flowable composite resin Vertise Flow in class I restorations : six-month follow-up. International Dentistry SA 2010;12:14-23.

> Bibliographie

1. Christensen GJ. Amalgam VS. composite resin. J Am Dent Assoc 1998;129:1757-1759.
2. Baratieri LN, Ritter AV. Four-year clinical evaluation of posterior resin-based composite restorations placed using the total-etch technique. J Esthet Restor Dent 2001;13:50-57.
3. Wilson NH. Conference report. Direct adhesive materials : current perceptions and evidence – future solutions. J Dent 2001;29:307-316.
4. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue : methods and results. J Dent Res 2005;84:118-132.
5. Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. J Dent Res 1987;66:1636-1639.

6. Choi KK, Ryu GJ, Choi SM, Lee MJ, Park SJ, Ferracane JL. Effects of cavity configuration on composite restoration. *Oper Dent* 2004;29:462-469.
7. Yoshikawa T, Sano H, Burrow MF, Tagami J, Pashley DH. Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. *J Dent Res* 1999;78:898-905.
8. Hilton TJ. Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities ? In vitro investigation. Part 1. *Am J Dent* 2002;15:198-210.
9. Irie M, Suzuki K, Watts DC. Marginal gap formation of lightactivated restorative materials : effects of immediate setting shrinkage and bond strength. *Dent Mater* 2002;18:203-210.
10. Lutz F, Krejci I, Barbakow F. Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. *Dent Mater* 1991;7:107-113.
11. Nikolaenko SA, Lohbauer U, Roggendorf M, Petschelt A, Dasch W, Frankenberger R. Influence of C-factor and layering technique on microtensile bond strength to dentin. *Dent Mater* 2004;20:579-585.
12. Tsai PCL, Meyers IA, Walsh LJ. Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing units. *Dent Mater* 2004;20:364-369.
13. Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dent Mater* 2005;21:36-42.
14. Hannig M, Friedrichs C. Comparative in vivo and in vitro investigation of interfacial bond variability. *Oper Dent* 2001;26:3-11.
15. Helvatjoglu-Antoniades M, Papadogiannis Y, Lakes RS, Dionysopoulos P, Papadogiannis D. Dynamic and static elastic moduli of packable and flowable composite resins and their development after initial photo curing. *Dent Mater* 2006;22:450-459.
16. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ Jr, Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc* 1998;129:567-577.
17. Baroudi K, Silikas N, Watts DC. Time-dependent viscoelastic creep and recovery of flowable composites. *Eur J Oral Sci* 2007;115:517-521.
18. Labella R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mater* 1999;15:128-137.
19. Leevailoj C, Cochran MA, Matis BA, Moore BK, Platt JA. Microleakage of posterior packable resin composites with and without flowable liners. *Oper Dent* 2001;26:302-307.
20. Unterbrink GL, Liebenberg WH. Flowable resin composites as filled adhesives : literature review and clinical recommendations. *Quintessence Int* 1999;30:249-257.
21. Alomari QD, Reinhardt JW, Boyer DB. Effect of liners on cuspal deflection and gap formation in composite restorations. *Oper Dent* 2001;26:406-411.
22. Kemp-Scholte CM, Davidson CL. Complete marginal seal of class V resin composite restorations effected by increased flexibility. *J Dent Res* 1990;69:1240-1243.
23. Van Meerbeek B, Willems G, Celis JP, Roos JR, Braem M, Lambrechts P *et al.* Assessment by nano-indentation of the hardness and elasticity of the resin-dentin bonding area. *J Dent Res* 1993;72:1434-1442.
24. Francescut P, Lussi A. Performance of a conventional sealant and a flowable composite on minimally invasive prepared fissures. *Oper Dent* 2006;31:543-550.
25. Park SB, Son WS, Ko CC, Garcia-Godoy F, Park MG, Kim HI *et al.* Influence of flowable resins on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Dent Mater J* 2009;28:730-734.
26. Helvatjoglu-Antoniades M, Papadogiannis Y, Lakes RS, Dionysopoulos P, Papadogiannis D. Dynamic and static elastic moduli of packable and flowable composite resins and their development after initial photo curing. *Dent Mater* 2006;22:450-459.
27. Kugel G, Ferrari M. The science of bonding : from first to sixth generation. *J Am Dent Assoc* 2000;131 (suppl.):20S-25S.
28. Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives : a systematic review. *Dent Mater* 2005;21:895-910.
29. Van Landuyt KL, De Munck J, Snauwaert J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y *et al.* Monomer-solvent phase separation in onestep self-etch adhesives. *J Dent Res* 2005;84:183-188.
30. Van Landuyt KL, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. *Dent Mater* 2006;22:533-544.
31. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH. Resin permeation into acid-conditioned, moist, and dry dentin : a paradigm using water-free adhesive primers. *J Dent Res* 1996;75:1034-1044.
32. Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH. Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in waterfree acetone-based, single-bottle primer/adhesives. *Dent Mater* 1996;12:236-244.

33. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary selfetching adhesives. Part II. Etching effects on unground enamel. *Dent Mater* 2001;17:430-444.
34. Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review : aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater* 2008;24:90-101.
35. Kubo S, Kawasaki K, Yokota H, Hayashi Y. Five-year clinical evaluation of two adhesive systems in non-carious cervical lesions. *J Dent* 2006;34:97-105.
36. Bayne SC, Schmalz G. Reprinting the classic article on USPHS evaluation methods for measuring the clinical research performance of restorative materials. *Clin Oral Invest* 2005;9:209-214.
37. Cadenaro M, Marchesi G, Antonioli F, Davidson CL, De Stefano Dorigo E, Breschi L. Flowability of composites is no guarantee for contraction stress reduction. *Dent Mater* 2009;25:649-654.
38. He Z, Shimada Y, Sadr A, Ikeda M, Tagami J. The effects of cavity size and filling method on the bonding to class I cavities. *J Adhes Dent* 2008;10:447-453.
39. Reis AF, Giannini M, Anbrosano GMB, Chan DCN. The effects of filling techniques and low-viscosity composite liner on bond strength to class II cavities. *J Dent* 2003;31:59-66.
40. Chuang SF, Liu JK, Chao CC, Liao FP, Chen YH. Effects of flowable composite lining and operator experience on microleakage and internal voids in class II composite restorations. *J Prosthet Dent* 2001;85:177-183.
41. Cadenaro M, Biasotto M, Scuor N, Breschi L, Davidson CL, Di Lenarda R. Assessment of polymerization contraction stress of three composite resins. *Dent Mater* 2008;24:681-685.
42. Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent Res* 1997;25:435-440.
43. Braga RR, Hilton TJ, Ferracane JL. Contraction stress of flowable composite materials and their efficacy as stress-relieving layers. *J Am Dent Ass* 2003;134:721-728.
44. Loguercio AD, Reis A, Ballester RY. Polymerization shrinkage : effects of constraint and filling technique in composite restorations. *Dent Mater* 2004;20:236-243.
45. Tjan AH, Bergh BH, Lidner C. Effect of various incremental techniques on marginal adaptation of class II composite resin restorations. *J Prosthet Dent* 1992;67:62-66.